

Условие

Как измерить радиус кривизны с помощью секундомера?

Теория предсказывает как должно быть, а эксперимент показывает как оно есть на самом деле.

***Во время теоретического тура вы должны были решить задачу о расчете периодов колебаний полукольца. Сегодня вам предстоит проверить экспериментально полученные формулы. А затем исследовать более сложную колебательную систему, форма которой не известно как описывается теоретически.

Приборы и оборудование.***

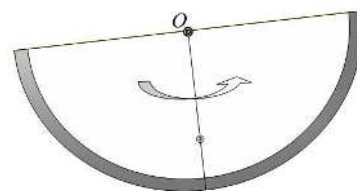
1. Пластиковое полукольцо. 2. Линейка гибкая пластмассовая (40 см) 3. Скотч узкий. 4. Штатив с лапкой и зажимом 5. Секундомер 6. Лезвие для бритвы 7. Нитка с грузиком для изготовления отвеса 8. Нитки. 9. Лист миллиметровой бумаги формата А3.

Лезвие используйте в качестве упора при изучении колебаний, закрепив его в лапке штатива. Будьте осторожны! Лист миллиметровой бумаги можете использовать для измерения длин (если у вас нет своей линейки), кроме того, рекомендуем на нем проводить необходимые построения, если вы считаете необходимым то этот лист с **подписанными построениями** следует сдать в жюри, возможно, что ваш труд будет оценен!

Часть 1. Полукольцо.

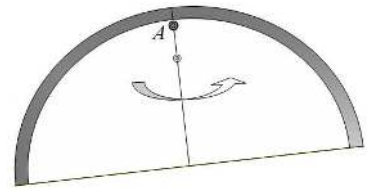
Края полукольца скрепите полоской скотча.

1.1 Определите экспериментально положение центра масс кольца. Не забудьте кратко описать методику проведения эксперимента.



1.2 Подвесьте полукольцо за середину скотча (центр полукольца). Измерьте с максимальной точностью период колебаний. Сравните полученные результаты с теоретической формулой. Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\pi R}{2g}}. \quad (1)$$



1.2 Подвесьте кольцо за вершину полукольца. Измерьте с максимальной точностью период колебаний. Сравните полученные результат с теоретической формулой.

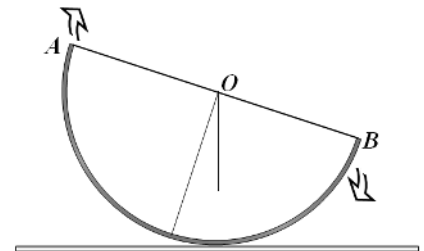
Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

$$T_2 = 2\pi\sqrt{2\frac{R}{g}} \quad (2)$$

1.3 Поставьте полукольцо на горизонтальную поверхность. Измерьте с максимальной точностью период «качательных» колебаний. Проследите, чтобы во время движения не было проскальзывания по столу. Сравните полученные результат с теоретической формулой.

Напоминаем, формула для периода таких колебаний имеет вид

$$T_3 = 2\pi\sqrt{(\pi - 2)\frac{R}{g}}. \quad (3)$$

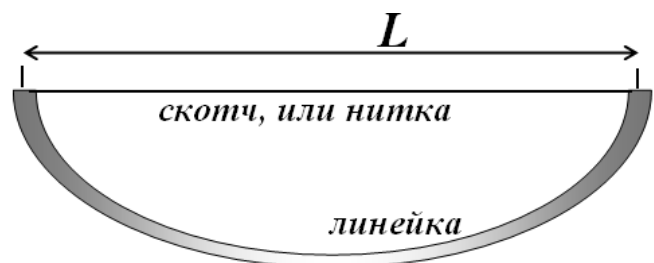


1.4 Сделайте вид, что вам неизвестны ни радиус полукольца, ни ускорение свободного падения (число π считайте известным). В этом случае для проверки формул, можно найти отношение периодов различных типов колебаний. Используя результаты измерений рассчитайте отношения периодов трех типов колебаний. Сравните полученные значения с теоретическими предсказаниями.

Часть 2. Изогнутая линейка.

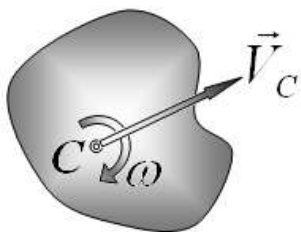
В данной части задания вам необходимо исследовать колебания изогнутой пластмассовой линейки. Линейку согните и закрепите с помощью полоски скотча (или нитки, как вам удобнее).

Расстояние между краями линейки L не должно быть меньше 30 см, иначе линейка может сломаться, а новой могут и не дать!



Настоятельно рекомендуем сделать нужный изгиб линейки и провести все необходимые измерения при сделанном изгибе, а затем изменять изгиб. Возможно, что второй раз линейка изогнется чуть по другому!

Ненужное теоретическое введение (для любопытных).



Кинетическая энергия тела зависит от выбора системы отсчета и при переходе от одной к другой инерциальной системе отсчета изменяется.

В системе отсчета, в которой центр масс твердого тела покоится, кинетическая энергия вращения твердого тела вокруг фиксированной оси может быть представлена в виде

$$E_C = \frac{J_0 \omega^2}{2},$$

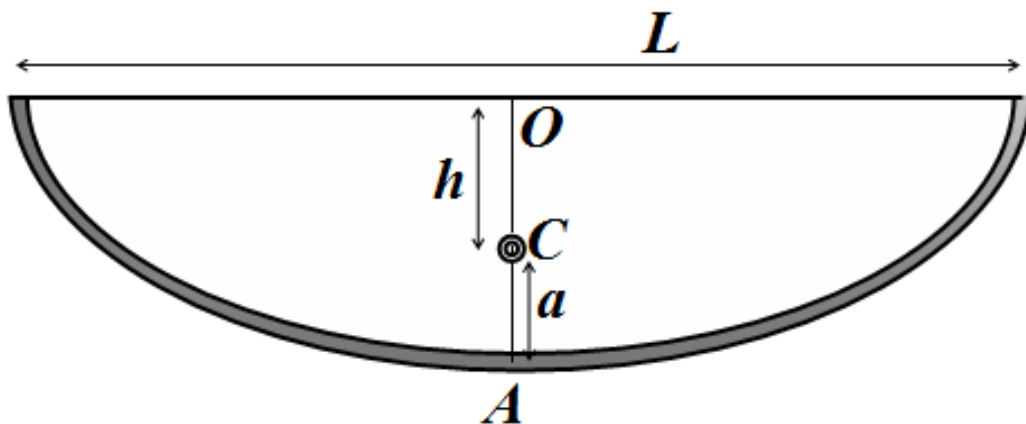
где $\omega = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t}$ - угловая скорость вращения тела, J_0 - постоянный коэффициент, зависящий от массы, размеров и формы тела. Эта характеристика тела называется его моментом инерции, часто

его представляют в виде $J_0 = mb^2$, где b - некоторая постоянная, имеющая размерность длины, часто ее называют радиус инерции.

При плоскопараллельном движении твердого тела (когда ось вращения не изменяет своего направления в пространстве). кинетическая энергия такого движения может быть представлена в виде

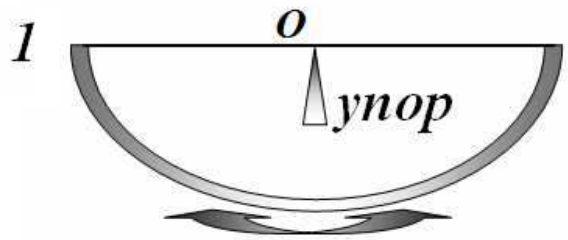
$$E = E_C + \frac{mV_c^2}{2},$$

где E_C - кинетическая энергия в системе отсчета, связанной с центром масс тела (энергия вращательного движения); V_C - скорость центра масс тела (второе слагаемое – кинетическая энергия поступательного движения). Эти идеи используются при выводе приведенных ниже формул (вам их выводить не надо).



В своей работе используйте следующие обозначения: C - центр масс линейки; A - середина линейки (вершина); O - середина скотча (центр); h - расстояние от центра скотча до центра масс; a - расстояние от центра масс до середины линейки; L - расстояние между краями изогнутой линейки.

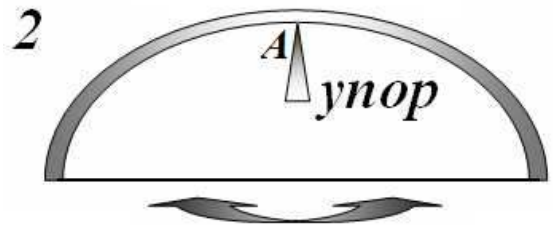
Вам будет необходимо исследовать три типа колебаний:



1. Колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр скотча O (в прямом подвесе). Период этих колебаний определяется формулой

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{b^2 + h^2}{gh}} \quad (4)$$

2. Колебания вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр линейки A (в перевернутом подвесе).



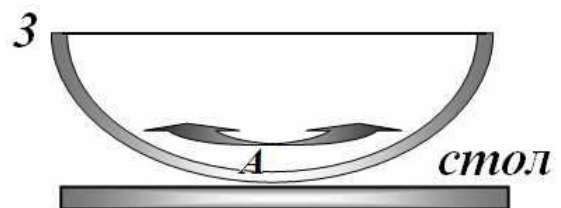
Период этих колебаний определяется формулой

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{b^2 + a^2}{ga}} \quad (5)$$

3. Качания на столе.

Следите, чтобы не было проскальзывания, на скользкий стол можете положить, что-нибудь шероховатое (например лист бумаги)! Период этих колебаний определяется формулой

$$T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{b^2 + h^2}{g(R - a)}} \quad (6)$$



Здесь R - радиус кривизны нижней части линейки.

****В формулах (4)-(6) параметр b один и тот же, но он может изменяться при изменении изгиба линейки.****

Наконец задания:

Настоятельно рекомендуем сделать нужный изгиб линейки и провести все необходимые измерения при сделанном изгибе, а затем изменять изгиб. Возможно, что второй раз линейка изогнется чуть по другому! Старайтесь проводить все измерения тщательно и аккуратно, для получения хороших результатов (и баллов) нужна достаточно высокая точность!

2.1 Измерьте зависимость положения центра масс линейки h и a от величины L . Методику измерения положения центра масс предложите самостоятельно, кратко опишите ее. Постройте график зависимости $h(L)$.

2.2 Измерьте зависимости периодов трех типов колебаний от расстояния между концами линейки L . Постройте графики полученных зависимостей.

2.3 На основании измеренных данных, проверьте, согласуются ли формулы для периодов колебаний (4)-(5). Свой ответ обоснуйте расчетами, графиками.

2.4 Предположим, что параметр b не изменяется при изменении изгиба линейки. Используя результаты эксперимента проверьте данное предположение. Укажите диапазон изменения величины L , в котором ваши экспериментальные данные позволяют считать b постоянным. Определите ее значение с максимально возможной точностью.

2.5 Считая величину b постоянной и известной (равной рассчитанной вами), проверьте еще раз согласование формул (4)-(5). Предложите такую линеаризацию зависимости периодов, чтобы их графики совпадали. Постройте эти графики.

2.6 Постройте график зависимости радиуса кривизны нижней части линейки от величины L , используя свои экспериментальные данные. Считая, что форма изогнутой линейки является дугой окружности, рассчитайте зависимость радиуса этой дуги от величины L . Сравните эту зависимость с полученной вами экспериментально. Укажите диапазон изменения L , в котором форму изогнутой линейки можно считать дугой окружности.

2.7 Для одного значения L (выберите его самостоятельно) постройте на миллиметровой бумаге профиль изогнутой линейки и с помощью геометрических построений определите его радиус кривизны в нижней точке. Сравните полученный результат с результатом, найденным из измерений периодов различных колебаний.

Последнее. Для облегчения задания во второй части работы рассчитайте погрешности измерения периода колебаний и определения параметров h и a только для одного изгиба и одного типа колебания. Полученные оценки погрешностей используйте при необходимости для всех остальных измерений.

⁴ . , Неследует строго следовать приведенному расчету погрешностей. Допустим упрощенный вариант по среднему модулю отклонения.